

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-236336

(43)公開日 平成4年(1992)8月25日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 1 K 7/32

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

C 7267-2F

審査請求 未請求 請求項の数4(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平3-19412

(22)出願日 平成3年(1991)1月17日

(71)出願人 390017994

戸田 耕司

神奈川県横浜須賀市二葉1丁目49番18号

(72)発明者 戸田 耕司

神奈川県横浜須賀市二葉1丁目49番18号

(72)発明者 高森 美智子

神奈川県横浜市区金沢区六浦町718 ウイル
オリンピア306

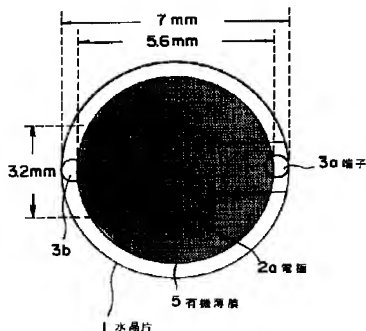
(74)代理人 弁理士 本庄 伸介

(54)【発明の名称】 水晶温度センサ

(57)【要約】

【目的】 温度に対する共振周波数の変化率が大きく、しかも周波数温度特性の直線性に優れた水晶温度センサを提供する。

【構成】 水晶振動子の水晶片1の少なくとも1つの表面を有機薄膜5で被覆する。有機薄膜5としてp-ニトロセトアニリドを用いる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定範囲の温度に対応する共振周波数が予め知られている水晶振動子を備え、該水晶振動子の共振周波数で前記水晶振動子の温度を表す水晶温度センサにおいて、前記水晶振動子が、第1及び第2の表面を有する水晶片と、前記第1及び第2の表面にそれぞれ固着されている第1及び第2の電極と、前記第1及び第2の表面のうちの少なくとも一方に被覆されている有機薄膜とを備えてなることを特徴とする水晶温度センサ。

【請求項2】 前記水晶片が板状の形をなし、前記第1及び第2の表面が互いに平行な板面であることを特徴とする請求項1に記載の水晶温度センサ。

【請求項3】 前記有機薄膜がp-ニトロアセトアニリドであることを特徴とする請求項1又は2に記載の水晶温度センサ。

【請求項4】 前記有機薄膜が2-アセトアミド-4-ニトロ-N、N-ジメチルアニリンであることを特徴とする請求項1又は2に記載の水晶温度センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、精密な温度の測定に用いられる水晶温度センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 恒温槽の温度などを精密に測定するための温度感知器として水晶温度センサが従来から用いられており、図6に一般的な水晶温度センサを断面図で示す。この水晶温度センサは水晶振動子11、リボンリード12a、12b、1気圧のHeガス13、ハーメチックシール14、ステンレスケース15及び同軸ケーブル16からなっている。

【0003】 水晶振動子11の共振周波数と温度との関係を図8の特性線B-1で示す。この水晶振動子11は、図7に平面図で示すように、直径7mm、厚さ0.077mmの円板状の水晶片1と、直径3.2mmのAu電極2a及び2bと、端子3a及び3bからなっている。但し、Au電極2bは水晶片1の裏面に設けてあるから図7には現れていない。端子3a及び3bは電極2a及び2bにそれぞれ接続されている。

【0004】 水晶片1はATカットで切り出されたものであり、その共振周波数は約21.5MHzである。図8の特性線B-1で示されているように、水晶振動子11の共振周波数は10℃～50℃の範囲で61.8Hz変動し、この温度範囲における平均の周波数変動率は15.46Hz/℃である。このように温度に応じて共振周波数に変化する水晶振動子11を備えた図6の水晶温度センサは、外部の発振器に同軸ケーブル16で接続される。その発振器において、水晶振動子11はその発振器の共振回路に接続される。すると、水晶振動子11の温度に応じてその共振回路の共振周波数が変わり、ひいては発振器の発振周波数が変動する。そこで、その発振周波数

2

を測定することにより、図8の特性線B-1から水晶振動子11の温度を知ることができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、図8の特性線B-1で示されているように、従来の水晶振動子では温度に対する共振周波数の変化率が15.46Hz/℃という低い値であるから、温度の測定精度が十分に高いとは云えない。例えば、周波数測定における分解能が1Hzであるとなると、従来の水晶温度センサでは(1/15.46)℃の精度でしか温度を測定できない。一方、温度に対する共振周波数の変化率がより大きい従来の水晶振動子を選んでは温度センサを構成すると、周波数温度特性の直線性が悪く、測定周波数について十分な補償をしなければ正しい温度を測定することができないから、その周波数補償のために複雑なソフトウェア等の手段を必要とする。しかも、その直線性の悪化は水晶振動子ごとに異なるから、周波数補償のための手段に相当な費用を要し、温度測定装置が全体として高価なものになってしまう。

20

【0006】 図9は、図7と全く同じ構造で、水晶片1のカットも同じ水晶振動子の周波数温度特性を示す図である。図9の特性線B-4と図8の特性線B-1とを比べて分かるように、従来の水晶振動子では、温度に対する周波数の変化をできるだけ小さく抑えるカット方法で製作されていても、周波数温度特性が十分に直線的なく、しかも振動子ごとに直線性の態様が異なっていた。

30

【0007】 以上に述べた如く、従来の水晶温度センサには、温度に対する周波数の変化率が小さいか、又は温度に対する周波数の変化率が一定でない、即ち周波数温度特性の直線性が悪いという欠点があった。そこで、本発明は、温度に対する周波数の変化率が大きく、しかも周波数温度特性の直線性に優れた水晶温度センサの提供を目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の水晶温度センサは、水晶片の少なくとも1つの表面を有機薄膜で被覆してなる水晶振動子を有してなる。その水晶片が板状の形をなし、板面が互いに平行であれば製造が容易である。また、有機薄膜として好ましいものにp-ニトロアセトアニリド及び2-アセトアミド-4-ニトロ-N、N-ジメチルアニリンがある。

【0009】

【作用】 実験により、水晶振動子の1つの表面を有機薄膜で被覆すると、その水晶振動子に関する周波数温度特性線の傾き角度は負の方向へ変動し、その傾き角度の変動の大きさは有機薄膜の厚さにほぼ比例することを本願の発明者が発見した。また、その周波数温度特性は、有機薄膜で被覆されないものに比べ直線性に優れていることも明らかになった。そこで、ある周波数温度特性を有する水晶振動子に適切な厚さの有機薄膜の被覆を施すこ

3

4

とにより、温度に対する共振周波数の変化率が大きく、しかも周波数温度特性の直線性に優れた水晶振動子を得ることができるので、本発明ではそのような水晶振動子を備えて水晶温度センサを構成した。

【0010】

【実施例】次に実施例を挙げ本発明を一層詳しく説明する。

【0011】図1は本発明の第1の実施例に用いる水晶振動子を示す平面図である。本図において、1は共振周波数が約21.5MHz、ATカット、厚さ0.077mm、直径7mmの円板状水晶片である。また、2aは水晶片1の上面に蒸着された直径3.2mmのAu電極、3a、3bは端子、5は有機薄膜である。水晶片1の下面にはやはり直径3.2mmのAu電極2bが蒸着により設けられている(電極2bは図には現われていない。)端子3aは電極2aの右端に形成され、端子3bは電極2bに接続されている。この図1の水晶振動子は図7の従来の水晶振動子の片面に有機薄膜5を被覆して形成される。図1の水晶振動子を図6の水晶温度センサにおける水晶振動子1として搭載することにより本発明の実施*20

$$(f_t - f_{t_0}) / f_{t_0}$$

$$= A(T - T_0) + B(T - T_0)^2 + C(T - T_0)^3 \dots (1)$$

ここで、 f_t : T °Cにおける周波数

f_{t_0} : T_0 °Cにおける周波数

T : 測定温度

T_0 : 基準温度(任意)

A, B, C: 水晶の1次、2次、3次の温度係数

そこで水晶振動子の周波数温度特性も前式で表すことが可能か図2のS-1の値を代入して2次項まで求めた結果を示す。

※30

$$(f_{t_1} - f_{t_0}) / f_{t_0}$$

$$= A(T_1 - T_0) + B(T_1 - T_0)^2 \dots (2)$$

$$(f_{t_2} - f_{t_0}) / f_{t_0}$$

$$= A(T_2 - T_0) + B(T_2 - T_0)^2 \dots (3)$$

(2) - (3)としてAを消去しBを求める。

$$B =$$

$$[(T_2 - T_0)(f_{t_1} - f_{t_0}) - (T_1 - T_0)(f_{t_2} - f_{t_0})]$$

$$/ f_{t_0}(T_1 - T_0)(T_2 - T_0) - (T_1 - T_2) \dots (4)$$

Aは(2)式または(3)式にBを代入して求める。

$$\star B = -1.612477322 \times 10^{-9}$$

$$A = -5.129403958 \times 10^{-9}$$

★40 (1)を变形して

$$f_t = f_{t_0} [1 + A(T - T_0) + B(T - T_0)^2]$$

としA、B、Tを図2のS-1の測定値を代入し得た f_t の計算値と実際の計測値との比較を図3に示す。図3では、ほぼ一線に見えることから水晶振動子の周波数温度特性を表す(1)式は、水晶振動子の周波数温度特性★

$$(f_t - f_{t_0}) / f_{t_0} = A(T - T_0) + B(T - T_0)^2 \dots (1)'$$

に

$$f_{t_0} : 21010507 \text{ Hz}$$

$$T_0 : 9.19^\circ \text{C}$$

$$T_1 : 29.98^\circ \text{C}$$

*例は構成されている。

【0012】有機薄膜5はp-ニトロアセトアニリドであり、厚さ0.5μm、直径5.6mmの円形であり、蒸着により水晶片1の片面に形成されている。有機薄膜5の厚さ0.5μmは水晶片1の厚さ0.077mmの約0.64%に相当する。電極2aは有機薄膜5に覆われている。

【0013】図2は、本実施例の水晶温度センサにおける水晶振動子(図1)に関する周波数温度特性図である。この特性線S-1において、10.1°C及び50.13°Cのときにおける共振周波数はそれぞれ21010442Hz及び21005527Hzであり、温度に対する共振周波数の平均変化率は-122.78Hz/°Cである。この特性線S-1を従来の水晶振動子に関する図8の特性線B-1と比べて明らかにように、本実施例では温度に対する共振周波数の変化率が従来のものの8倍であり、しかも周波数特性線が従来のものより直線的である。

【0014】一般に水晶振動子の周波数温度特性は次の式で表される。

$$\times f_{t_0} : 21010507 \text{ Hz}$$

$$f_{t_1} : 21008120 \text{ Hz}$$

$$f_{t_2} : 21005527 \text{ Hz}$$

$$T_0 : 9.19^\circ \text{C}$$

$$T_1 : 29.98^\circ \text{C}$$

$$T_2 : 50.13^\circ \text{C}$$

以上値を代入して次の2式を得る。

$$\begin{aligned}
 & 5 \quad AT - AT_0 + BT^2 - 2BT_0T + BT_0^2 \\
 & \quad - (ft - ft_0) / ft_0 = 0 \quad \dots (5)
 \end{aligned}$$

これをTの高次から表すと

$$\begin{aligned}
 & BT^2 \div (A - BT_0) T + T_0 (BT_0 - A) \\
 & \quad - (ft - ft_0) / ft_0 = 0 \quad \dots (5)'
 \end{aligned}$$

$aX^2 + bX + c = 0$ の一般解 $(-b \pm (b^2 - 4ac)^{1/2}) / 2a$ を用いてTを求める。

$$\begin{aligned}
 T = & \{ -(A - BT_0) - \{ (A - BT_0)^2 - 4B(T_0(BT_0 - A) \\
 & \quad - (ft - ft_0) / ft_0) \}^{1/2} \} / 4B \quad \dots (6)
 \end{aligned}$$

温度計により測定した温度と測定周波数から演算した温度との比較を図4に示す。10℃前後を除けばほぼ線に見える。誤差の大きい10℃前後では最大誤差0.35℃、その他の温度ではほぼ±0.1℃その誤差の範囲内に収まる。

【0015】以上に述べたところから明らかなように、本実施例により周波数ftを求め、そのftから式(6)により温度Tを求めることができる。

【0016】図5は本発明の第2の実施例における水晶振動子の周波数温度特性を示す図である。本実施例では、水晶振動子の有機薄膜が厚さ0.1μmの2-アセトアミド-4-ニトロ-N,N-ジメチルアニリンでなり、他の構成は前述の第1の実施例と全く同じである。この実施例における水晶振動子は図7の水晶振動子に僅かに0.1μmの厚さの有機薄膜を被覆したものである。図7の水晶振動子は、図8に示すように、温度に関し正の周波数変化率を示すのに対し、図5に特性図を示す本発明の第2の実施例における水晶振動子では負の周波数変化率を示す。このように、本発明を適用して、水晶片に有機薄膜を被覆することにより周波数変化率を負の方向へ変えることができ、またその温度変化率は有機薄膜の厚さにほぼ比例した大きさで負方向へ増大することが本発明者の実験により確認されている。そのうえ、図8と図5の特性線の比較でも明らかなように、水晶片を有機薄膜で被覆することにより周波数温度特性の直線性が改善される。

【0017】

【発明の効果】以上に実施例を挙げ詳しく説明したように、本発明によれば、温度に対する周波数の変化率が大きく、しかも周波数温度特性の直線性に優れた水晶温度センサを提供できる。本発明の水晶温度センサは、周波数温度特性の直線性に優れているから、周波数に関する補償をほとんどしなくても精密に温度を測定できるし、

たとえ補償を要したとしても、補償のためのソフトウェア又はハードウェアは簡単なもので足りる。したがって、本発明のセンサを用いれば、温度を精度よく安価に測定できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例で用いる水晶振動子の平面図。

【図2】図1の水晶振動子に関する周波数温度特性図。

【図3】図2の特性線S-1とこの特性線を基に算出した2次式で表わされる周波数温度特性線との一致の程度を示す図。

【図4】温度計により測定した温度と実施例による測定周波数から演算した温度との一致の程度を示す図。

【図5】本発明の第2の実施例で用いる水晶振動子の周波数温度特性図。

【図6】一般的な水晶温度センサの構造を示す断面図。

【図7】従来の水晶温度センサで用いられている水晶振動子を示す平面図。

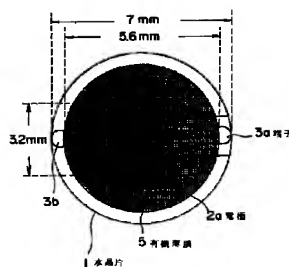
【図8】図7の水晶振動子に関する周波数温度特性図。

【図9】従来の別の水晶振動子に関する周波数温度特性図。

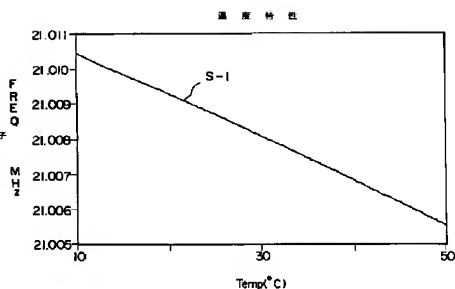
【符号の説明】

- 1 水晶片
- 2 a 電極
- 3 a, 3 b 端子
- 5 有機薄膜
- 11 水晶振動子
- 12 a, 12 b リボンリード
- 13 Heガス
- 14 ハメックシール
- 15 ステンレスケース
- 40 16 同軸ケーブル

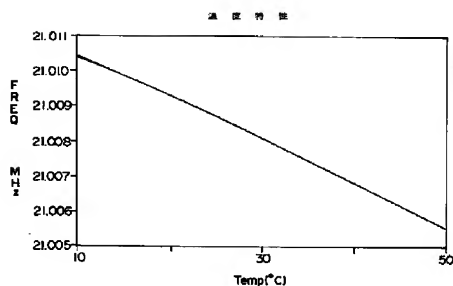
【図1】



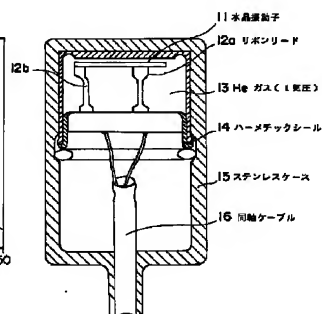
【図2】



【図3】

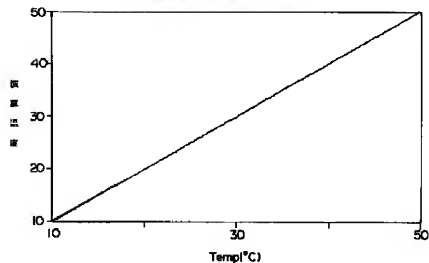


【図6】

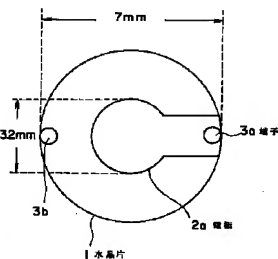


【図4】

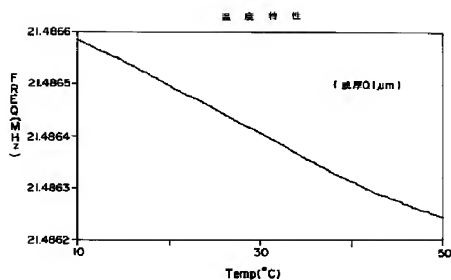
周波数出力から温度への逆演算



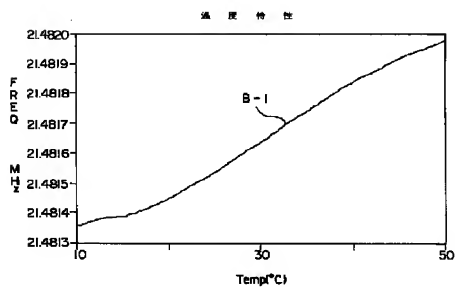
【図7】



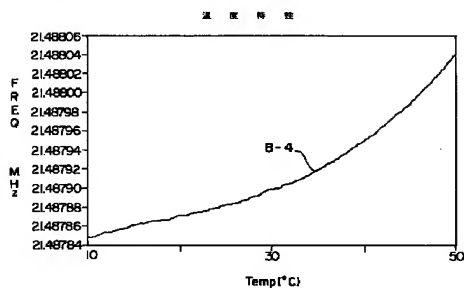
【図5】



【図8】



【図9】



【手続補正書】

【提出日】平成3年3月15日

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】 恒温槽の温度などを精密に測定するための温度感知器の1つとして水晶温度センサが従来から用いられており、図6に一般的な水晶温度センサを断面図で示す。この水晶温度センサは水晶振動子11、リード12a、12b、1気圧のHeガス13、ハーメチックシール14、ステンレスケース15及び同軸ケーブル16からなっている。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正内容】

【0004】 水晶片1はATカットで切り出されたものであり、その共振周波数は約21.5MHzである。図8の特性線B-1で示されているように、水晶振動子11の共振周波数は10℃～50℃の範囲で618Hz変動し、この温度範囲における平均の周波数変化率は15.46Hz/℃である。このように温度に応じて共振周波数が変化する水晶振動子11を備えた図6の水晶温度センサは、発振器を構成するために同軸ケーブル16で接続される。その発振器において、水晶振動子11はその発振器の共振回路として機能する。すると、水晶振動子11の温度に応じてその共振周波数が変わり、ひいては発振器の共振周波数が変動する。そこで、その共振周波数を測定することにより、図8の特性線B-1から水晶振動子11の温度を知ることができる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】

$$\begin{aligned} (f_t - f_{t_0}) / f_{t_0} \\ = A (T - T_0) + B (T - T_0)^2 \end{aligned} \quad \cdots (1)$$

ここで、 f_t : T℃における周波数

f_{t_0} : T_0 ℃における周波数

T : 測定温度

T_0 : 基準温度

A, B : 水晶の1次、2次の温度係数

そこで水晶振動子の共振周波数の温度特性として図2の※

$$f_t = f_{t_0} [1 + A (T - T_0) + B (T - T_0)^2]$$

とし、 A_L, B_L, T を図2のS-1の測定値を代入し得た

*【作用】 実験により、水晶振動子の1つの表面を有機薄膜で被覆すると、その水晶振動子に関する周波数温度特性線の傾き角度は負の方向へ変動し、その傾き角度の変動の大きさは有機薄膜の厚さにほぼ比例することを本発明の発明者が発見した。また、その周波数温度特性は、有機薄膜で被覆されないものに比べ直線性に優れていることも明らかになった。そこで、ある周波数温度特性を有する水晶振動子に適切な厚さの有機薄膜の被覆を施すことにより、温度に対する共振周波数の変化率が大きく、しかも周波数温度特性の直線性に優れた水晶振動子を得ることができるので、本発明ではそのような水晶振動子を備えて水晶温度センサを構成した。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正内容】

【0011】 図1は本発明の第1の実施例に用いる水晶振動子を示す平面図である。本図において、1はATカット、厚さ0.077mm、直径7mmの円板状水晶片で、共振周波数は約21.5MHzである。また、2aは水晶片1の上面に蒸着された直径3.2mmのAu電極、3a、3bは端子、5は有機薄膜である。水晶片1の下面にはやはり直径3.2mmのAu電極2bが蒸着により設けられている（電極2bは図には現われていない。）端子3aは電極2aの右端に形成され、端子3bは電極2bに接続されている。この図1の水晶振動子は図7の従来の水晶振動子の片面に有機薄膜5を被覆して形成される。図1の水晶振動子を図6の水晶温度センサにおける水晶振動子11として搭載することにより本発明の実施例は構成されている。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】 一般に水晶振動子の周波数温度特性は次の式で近似的に表される。

※S-1の値を代入することによって次の値が得られた。

f_{t_0} : 21010507Hz

T_0 : 9.19℃

$A = -5.129403958 \times 10^{-6}$

$B = -1.612477322 \times 10^{-5}$

(1) 式を变形して

f_t の計算値と実際の計測値との比較を図3に示す。図

3では、ほぼ一致して見えることから(1)式または(2)式は、水晶振動子の周波数温度特性を表す式として有効であると考えられる。またこの程度の温度範囲な

*らば最低3点の測定結果があれば、周波数温度特性を近似することが可能である。周波数から温度への逆演算は(1)式を変形して、

$$\begin{aligned}
 & BT^2 \div (A - BT_0) T + T_0 (BT_0 - A) \\
 & \quad - (f_1 - f_{10}) / f_{10} = 0 \quad \dots (2) \\
 &) \quad T = \{ -(A - BT_0) - \{ (A - BT_0)^2 - 4B(T_0(BT_0 - A) \\
 & \quad - (f_1 - f_{10}) / f_{10}) \}^{1/2} \} / 4B \quad \dots (\\
 & 3) \text{となる。}
 \end{aligned}$$

温度計により測定した温度と測定周波数から演算した温度との比較を図4に示す。10℃前後を除けばほぼ一致して見える。誤差の大きい10℃前後では最大誤差0.35℃、その他の温度ではほぼ±0.1℃その誤差の範囲内に収まる。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0015

【補正方法】変更

【補正内容】

【0015】以上に述べたところから明らかなように、本実施例により周波数 f_1 を求め、その f_1 から式(3)により温度 T を求めることができる。

PAT-NO: JP404236336A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04236336 A
TITLE: QUARTZ TEMPERATURE SENSOR
PUBN-DATE: August 25, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TODA, KOJI	
TAKAMORI, MICHIO	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TODA KOJI	N/A

APPL-NO: JP03019412
APPL-DATE: January 17, 1991

INT-CL (IPC): G01K007/32

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a sensor having a large changing rate of resonant frequencies to temperatures and superior linearity of the frequency-temperature characteristic by providing a quartz oscillator with a quartz piece having a first and a second surfaces, a first and a second electrodes fixed to the surface of the quartz piece, and an organic thin film coated over one of the first and second surfaces.

CONSTITUTION: A disk-like quartz piece 1 has the resonant, frequency of about 21.5MHz, AT cut, thickness of 0.077mm and

diameter of 7mm. An Au electrode 2a having the diameter of 3.2mm is deposited on the upper surface of the quartz piece 1, and an Au electrode 2b is provided at the lower surface of the quartz piece 1. The diameter of the electrode 2b is 3.2mm. A terminal 3a is formed at the right end of the electrode 2a, while a terminal 3b is connected to the electrode 2b. An organic thin film 5 is coated over the one surface of the quartz piece 1. This quartz piece 1 is mounted as a quartz oscillator for a quartz temperature sensor. The organic thin film 5 is formed circular of p-nitroacetanilide, having the thickness of $0.5\ \mu\text{m}$ and diameter of 5.6mm. Accordingly, the quartz temperature sensor has a large changing rate of the frequency to temperatures and superior linearity of the frequency- temperature characteristic.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio